



三人称視点 VR における身体所有感の切り替え とその影響要因の検討

Reallocation of Body Ownership in Third-Person Perspective VR: An Investigation of Influencing Factors

胡佳儀¹⁾, 郭凱¹⁾, 康中睿¹⁾, 伴祐樹¹⁾, 割澤伸一¹⁾

Kagi KO, Kai GUO, Zhongrui KANG, Yuki BAN, and Shin'ichi WARISAWA

1) 東京大学 新領域創成科学研究科 (〒 277-8563 千葉県柏市柏の葉 5-1-5, 4600144648@edu.k.u-tokyo.ac.jp, 9482843600@edu.k.u-tokyo.ac.jp, 9894190939@edu.k.u-tokyo.ac.jp, ban@edu.k.u-tokyo.ac.jp, warisawa@edu.k.u-tokyo.ac.jp)

概要: 三人称視点 VR では、アバターと環境全体を見渡す大いなる存在 (俯瞰視点) の双方を操作可能である。しかし、ゲームシーンの特性に応じて、これら二つの操作対象に対する身体所有感の変化は十分に検討されていない。そこで本研究では、アバターのタスク (迷宮探索・バトル) と大いなる存在の操作介入度を実験要因とし、被験者内計画による実験を実施した。再生映像に基づく連続評価とインタビューの結果、迷宮探索タスクでは大いなる存在への関与が高いほど身体所有感が高まり、バトルでは一貫してアバター側へと所有感が移行する傾向が示された。本知見は、三人称視点 VR における身体感覚の設計に示唆を与えるものである。

キーワード: バーチャルリアリティー, 三人称視点 VR, 身体所有感

1. はじめに

ヘッドマウントディスプレイ (HMD) の普及により、バーチャルリアリティ (VR) はエンターテインメント, 訓練, リハビリなど多様な分野で利用されている。従来の VR 研究は、一人称視点 (First-person Perspective, 以下 1PP) での体験と応用が重視されてきた。

しかし近年では、ユーザが仮想空間内のアバターを外部から操作する三人称視点 (Third-person Perspective, 以下 3PP) に基づく体験が注目され, Moss¹⁾, Lucky's Tale²⁾ などのゲームをはじめ, リハビリテーションや技能訓練といった応用分野にも広がっている。

3PP VR におけるインタラクション構造は, 従来の 1PP VR とは根本的に異なり。ユーザはアバターに加え, 環境全体を俯瞰的に操作・観察できる大いなる存在 (Omniscient Entity) も同時に操作可能である。この視点はアバターから独立して移動・回転・ズームまたは環境と直接にインタラクション可能であり, アバターとは別の存在として環境を観察・操作できる自由度を持つ。このような二つの対象を同時に操作する二重操作の構造は, 視野を拡張し, VR 酔いを軽減するなどの利点を持ち, 特に探索型やストーリー駆動型の VR コンテンツにおいて有用であるとされている [1]。

しかし, このような 3PP VR においては, アバターと大いなる存在という 2 つの操作対象が共存することにより, ユーザは「どちらを自己と感じるか?」という課題に直面

する。この主体の曖昧さが残る限り, 音声や振動といった身体フィードバックをどちらの存在と同期させるべきかも明確には定まらない。これは, ゲームデザイナーにとって, 無視できない設計上の懸念点となる。

この問いに関わるのが「身体所有感 (Sense of Body Ownership, 以下 SoBO)」という概念である。SoBO とは, 「これは自分の身体である」と直感的に感じる感覚であり, それは操作感 (Sense of Agency) や臨場感 (Presence) とは異なる独立した概念である [2]。

SoBO に関する先行研究として, Xu ら [3] は, 3PP 下でカメラ視点に能動性を持たせることで SoBO が高まる可能性を示し, 運動イメージ向上のため, 新たな能動的カメラ操作型 VR パラダイムを提案している。また, Galvan Debarba ら [4] は, 視点と多感覚フィードバックの違いが SoBO に与える影響を調査し, 1PP と 3PP 間の比較に加え, 視点切替条件における主観評価と行動指標の変化も分析した。

しかし, 既存研究では, アバターと大いなる存在を同時に操作対象とする状況下で, SoBO の主体がどのように変化し, その変化に何が影響を及ぼすのかについて, 十分な検討がなされていない。これに応じ, 本研究はアバターと大いなる存在の間で生じる SoBO 主体の移行, およびその要因に着目し, 両者の関係性を解明することを目的とする。

本研究では, 以下の 3 つの仮説 (H1~H2) を立て, SoBO の切り替え現象とその要因について検証を行った。

- **H1:** SoBO はアバターと大いなる存在の間で動的に

¹⁾ Moss, developed by Polyarc, released in 2018.

²⁾ Lucky's Tale, developed by Playful Corp, released in 2016.

切り替わる現象が生じる。

- **H2a**：大いなる存在の環境への関与度が高いほど、SoBO の主体は大いなる存在に向かいやすくなる。
- **H2b**：アバターの操作内容がインタラクティブであるほど、SoBO の主体はアバター側に向かいやすくなる。

2. 実験

SoBO の主体の切り替えとその影響要因を検証するため、本研究では迷宮探索およびバトルからなる 2 種類のシーンをを用いた実験環境を構築した。

2.1 実験参加者

大学内から 21 名（男性 14 名、女性 7 名、平均年齢 27.4 歳、SD=5.7）の参加者を募って実験を実施した。全員が右利きであり、3PP VR の経験はなかった。

2.2 装置

実験には Meta Quest Pro を使用し、PC と有線接続した状態で Unity 上の VR シーンを提示した。実験タスク中の操作には Quest Touch Pro コントローラ、タスク後の SoBO 評価には Bluetooth キーボードとマウスを使用した。

2.3 実験条件設計

本研究では、3PP VR における SoBO の変化を検討するため、操作対象の特性に着目し、2 つの設計要因を独立変数として設定した：アバター要素（タスク種別）と大いなる存在要素（仮想環境への関与度）である。

2.3.1 アバター要素（タスク種別）

本要素では、アバターが実行するタスクの内容に基づいて、「移動」と「移動＋インタラクション」の 2 水準を設けた。「インタラクション」は、環境に即時的な変化を引き起こす行動と定義され [5]、移動とインタラクションの違いに基づいて分類した。「移動」は、環境との明示的なインタラクションがない単純な移動タスクであるのに対し、「移動＋インタラクション」では、敵の回避や攻撃といった、環境と双方向の反応が連続的に生じるインタラクティブなタスクが含まれる。

2.3.2 大いなる存在要素（関与度）

大いなる存在が仮想環境に対する関与度に応じて、3 水準を段階的に設計した。これにより、受動的な観察視点から能動的なインタラクション視点へと変化する中で、SoBO の影響がどの時点で顕在化するかを検証できる。「低関与」では、大いなる存在は単なる受動的な観察手段として機能する。「中関与」では、大いなる存在が積極的に仮想環境を観察する必要がある。そして「高関与」では、大いなる存在が環境中の物体に対して直接インタラクションを行う必要がある。

2.4 実験シーン設計

VR 体験は「迷宮シーン」と「バトルシーン」の 2 段階構成であり、各シーンを最大 2 分ずつ連続体験させた。各シーンのスクリーンショットは、図 1 に示す通りである。

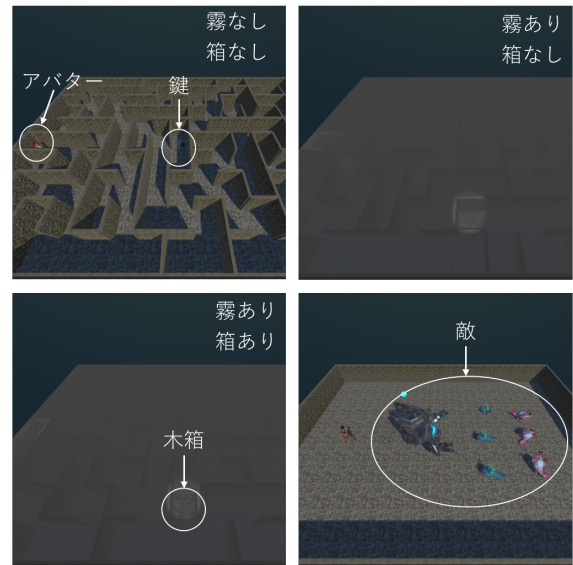


図 1: 各シーンのスクリーンショット。迷宮シーン（左上：低関与、中上：中関与、左下：高関与）、およびバトルシーン（右下）の画面例。

迷宮シーン（移動）：アバターを操作して鍵を探し、出口を開ける探索タスクである。このシーンでは、霧と木箱を用い、大いなる存在の関与度に応じて以下のように変化させた：

- **低関与**：霧や木箱なし、大いなる存在は観察のみ。
- **中関与**：霧が発生し、視界を確保するために大いなる存在によるヘッドライトの操作と視点移動が必要となる。
- **高関与**：上記に加え、高関与条件では、迷宮の道に木箱が配置され、木箱の移動による障害物の除去が求められるため、大いなる存在が直接仮想環境の要素とインタラクションする。

バトルシーン（移動＋インタラクション）：図 1 右下に示すように、複数の敵（遠距離型、近距離型、ボス）が登場し、アバターを使って移動しながら攻撃や回避を行う。このシーンではアバターに対する操作は主であり、大いなる存在に対する操作が必要ない。

2.5 評価方法

本研究では、SoBO の変化を連続評価とインタビューの 2 つの方法で評価した。

連続評価では、各試行終了後にその体験映像を 60fps で再生し、参加者に対して「それは自分の身体のように感じたか？」という問いに基づき、アバターおよび大いなる存在それぞれについて 7 段階スライダー（1＝まったく感じない、7＝完全に感じる）で評価を行わせた。この評価は、図 2 に示すようなスライダー付きの再生画面を用いて実施された。

さらに、全試行後には図 3 に示す再生インタフェース（映像と評価の時系列グラフを同時表示）を用いて半構造化インタビューを行い、参加者がどのような場面でどちらの存在に SoBO を抱いたのか、またその切り替えの主観的理由

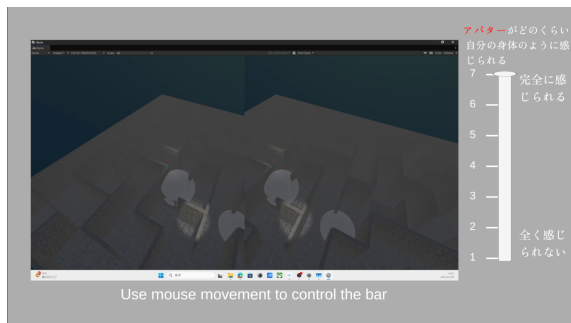


図 2: 参加者は録画映像（二画面は左目と右目の視野で、実際の体験を忠実に再現するため）を見ながら、アバターまたは大いなる存在に対して、SoBO をスライダーで連続評価した。評価は 7 段階（1 = まったく感じない～7 = 完全に感じる）で行われた。

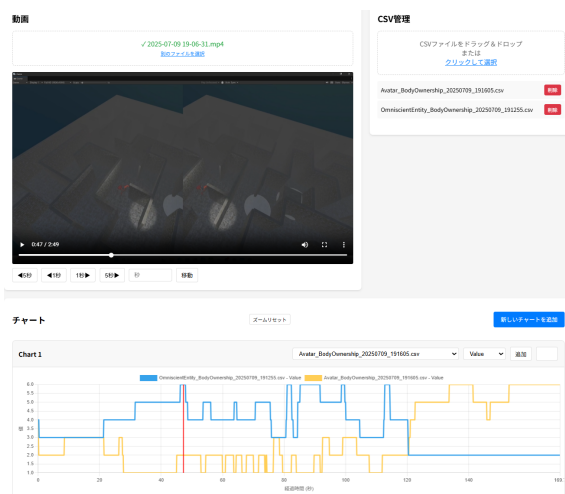


図 3: インタビューでは体験映像と、アバター／大いなる存在それぞれの SoBO 評価グラフを同時に表示し、参加者の SoBO 切り替えの主観的理由について詳細に聴取した。

について詳細に聴取した。

2.6 実験手順

実験は約 60～90 分で行われ、その手順は図 4 に示す通りである。

まず、参加者に研究の目的と内容について説明し、同意書への署名を得た。その後、瞳孔間距離を測定し、HMD 内の表示を最適化した状態で装着を行った。続いて、5 分程度の練習シーンにて、アバターと大いなる存在の操作や、SoBO を評価するスライダー操作の体験を行わせた。

本試行では、大いなる存在の関与度（低／中／高）の 3 条件をラテン方格計画に基づき順序を決定し、各試行において以下のステップを実施した：まず、迷宮シーン（最大 2 分）を体験し、続いてバトルシーン（最大 2 分）を実施した。その後、各条件の体験映像を再生しながら、アバターおよび大いなる存在に対してそれぞれの SoBO をスライダーで評価させた（順序はラテン方格法）。各試行の間には 3 分間の休憩を挟んだ。

すべての試行が終了した後は、再生インタフェース（体

験映像と評価時系列グラフ）を用いた 6～10 分程度のインタビューを実施し、主観的な変化や切り替えの認識に関する自由記述を収集した。

3. 結果と考察

3.1 時系列的変化の可視化

図 5 は、アバターおよび大いなる存在に対する SoBO 評価の時系列平均値を示している。迷宮シーンの終了（60 秒時点）を境に、いずれの条件においても SoBO の主観的主体が切り替わる傾向が確認された。特に高関与条件では、シーン転換とともにアバターへの SoBO が明確に上昇しており、大いなる存在からアバターへと所有感が移行するプロセスが示された。

このように、場面的変化に伴って SoBO が一貫して切り替えされるパターンは、3 人称視点 VR における SoBO が固定的ではなく、文脈に応じて動的に変化しうること示しており、仮説 H1 を裏付ける結果といえる。

3.2 群間比較による検定

各参加者について、シーンごとに連続評価された SoBO の時系列データから中央値を算出した。この SoBO 評価は 7 段階のリッカート法による順序尺度であるため、統計分析にはノンパラメトリック検定を用いた。具体的には、各シーン内で「アバターに対する SoBO」と「俯瞰視点に対する SoBO」のどちらが優位であったかを比較するため、両者の時系列の中央値に対して Wilcoxon 符号付き順位検定（両側、有意水準 5%）を実施した。結果は図 6 に示す箱ひげ図の通り、中関与および高関与の迷宮シーンでは、大いなる存在の SoBO がアバターを有意に上回る結果が得られた（中関与 $p = 0.001, Z = 12.000, r = 0.766$ ）（高関与 $p = 0.000, Z = 0.000, r = 0.878$ ）。一方、バトルシーンでは逆に、アバターの SoBO が大いなる存在よりも有意に高い値を示した（ $p = 0.042, Z = 39.500, r = 0.472$ ）。また、低関与の迷宮シーンにおいては、アバターと大いなる存在の間に有意な差は認められなかった（ $p = 0.070, Z = 50.500, r = 0.411$ ）。

迷宮シーンでは、大いなる存在の関与度が高まるほど、その対象への SoBO が強まる傾向が確認された。視野操作や環境把握への能動性が所有感に寄与していることが示唆され、この傾向は仮説 H2a と一致している。

一方、バトルシーンではアバターへの SoBO が一貫して優勢となり、特にアクション要素が多く含まれる場面では、参加者がアバターを通じて直接的に環境と相互作用する機会が増えるため、所有感の強化が促進されたと考えられる。この結果から、アバターの操作性が SoBO に影響するという仮説 H2b を支持するものである。

3.3 インタビュー結果と主観的要因の分析

インタビューからは、操作感、注意の向きといった主観的要因が SoBO に影響することが示された。21 名参加者のうち、14 名が「意図通りに動く」とアバターへの所有感が増す」と述べ、7 名は「操作したあとの反応遅延があると所有感が弱まる」と回答した。また、11 名は「探索や状況把握

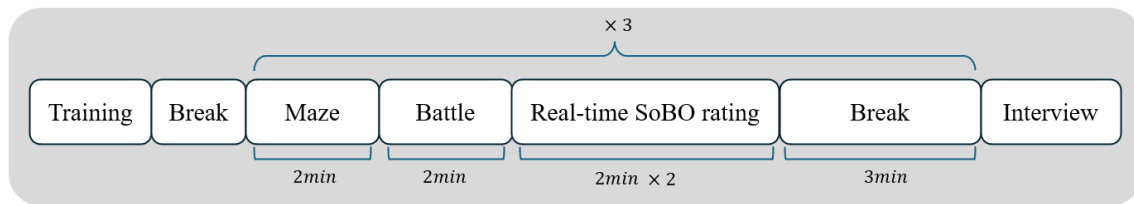


図 4: 本実験の流れ。練習, 3 つの試行ブロック, 評価, インタビューから構成される。

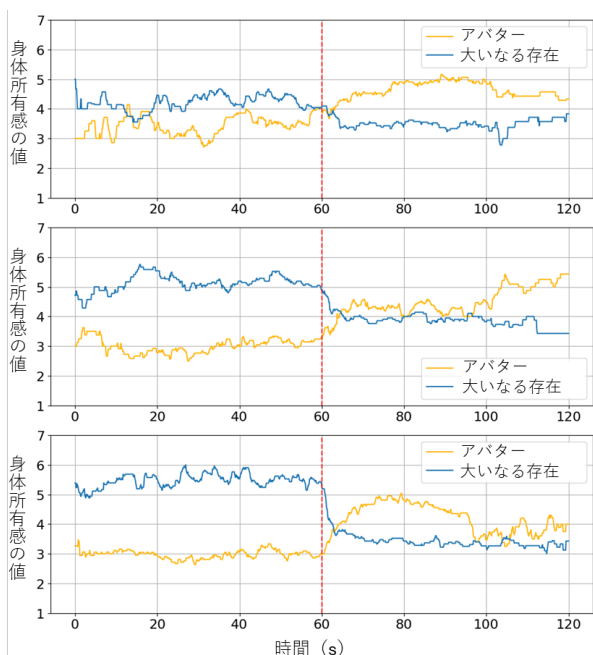


図 5: 3 条件の迷宮・バトルシーンにおける SoBO の時系列平均値。オレンジ線はアバター, 青線は大いなる存在の評価を示す。赤破線は迷宮からバトルへの切り替え時点 (60 秒) を示す。上から下にそれぞれ大いなる存在の介入度 (上: Low, 中: Medium, 下: High) に対応する。

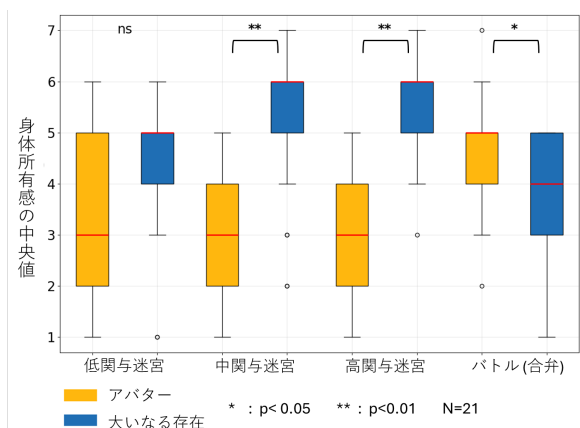


図 6: サンプル数 $N=21$ のアバターと大いなる存在の SoBO 評価分布 (3 条件の迷宮およびバトルシーン)。*は $p<0.05$, **は $p<0.01$, n.s. は有意差なしを表す。

に集中すると大いなる存在側に所有感が移る」と述べた。

さらに, 6 名が「一つのシーンにおいても, アバターと大

いなる存在の間で所有感が切り替わった」と明言しており, H1 を支持する。12 名はアクションの多い場面でアバターへの SoBO が強まったと答え, H2b を裏付けた。9 名は視界が不明瞭な場面 (霧のあるシーン) で大いなる存在への所有感が高まったと述べ, H2a に対応した。

以上より, 主観的経験は実験結果を補強し, 仮説 H1・H2a・H2b に質的な支持を与えた。

4. おわりに

本研究では, 3 人称視点 VR において, アバターと大いなる存在の間で SoBO がどのように変化するかを検討した。時系列評価および事後インタビューの結果から, SoBO の主観的主体は状況やタスクに応じて動的に切り替わることが明らかとなった。

特に, 大いなる存在の関与度やアバターの操作性といった設計要因が, ユーザーの身体感覚に与える影響を明らかにした点に本研究の意義がある。

本研究では主に主観的評価とインタビューを通じて SoBO の変化を分析したが, 身体動作や視線操作などの客観的データと主観評価との関連性については十分に検討できていない。今後は, 操作ログや視線データといった行動データを統合的に分析することで, SoBO の再配分に寄与する要因をより客観的かつ動的に明らかにする必要がある。

参考文献

- [1] Iriye, Heather, and Peggy L. St. Jacques. "Memories for third-person experiences in immersive virtual reality." *Scientific reports* 11.1 (2021): 4667.
- [2] Kilteni, Konstantina, Raphaela Groten, and Mel Slater. "The sense of embodiment in virtual reality." *Presence: Teleoperators and Virtual Environments* 21.4 (2012): 373-387.
- [3] Xu, Xiaotian, et al. "Enhancing motor imagery in the third-person perspective by manipulating sense of body ownership with virtual reality." *European Journal of Neuroscience* 60.7 (2024): 5750-5763.
- [4] Galvan Debarba, Henrique, et al. "Characterizing first and third person viewpoints and their alternation for embodied interaction in virtual reality." *PloS one* 12.12 (2017): e0190109.
- [5] Steuer, Jonathan. "Defining virtual reality: Dimensions determining telepresence." *Journal of communication* 42.4 (1992): 73-93.